



①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

⑫ **Offenl gungsschrift**  
⑩ **DE 198 30 863 A 1**

⑤ Int. Cl. 7:  
**F 28 F 1/02**  
F 28 F 1/40  
F 28 D 1/00  
F 28 F 9/00

②① Aktenzeichen: 198 30 863.9  
②② Anmeldetag: 10. 7. 1998  
④③ Offenlegungstag: 13. 1. 2000

DE 198 30 863 A 1

⑦① Anmelder:  
Behr GmbH & Co, 70469 Stuttgart, DE

⑦④ Vertreter:  
Patentanwälte Wilhelm & Dauster, 70174 Stuttgart

⑦② Erfinder:  
Dienhart, Bernd, Dr.-Ing., 70190 Stuttgart, DE;  
Krauß, Hans-Joachim, Dipl.-Ing. (FH), 70567  
Stuttgart, DE; Mittelstraß, Hagen, Dipl.-Ing., 71149  
Bondorf, DE; Staffa, Karl-Heinz, Dipl.-Ing., 70567  
Stuttgart, DE; Walter, Christoph, Dipl.-Ing., 70376  
Stuttgart, DE; Schumm, Jochen, 71735 Eberdingen,  
DE

⑤⑥ Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht  
zu ziehende Druckschriften:

DE	196 46 061 A1
DE	39 36 109 A1
US	34 16 600
EP	06 59 500 A1
EP	06 54 645 A2

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

⑤④ Flachrohr mit Querversatz-Umkehrbogenabschnitt und damit aufgebauter Wärmeübertrager

⑤⑦ Die Erfindung bezieht sich auf ein Flachrohr mit wenigstens einem Umkehrbogenabschnitt, in welchem es derart umgebogen ist, daß seine beiden daran anschließenden, planen Rohrabschnitte in Längsrichtung mit entgegengesetzten Durchströmungsrichtungen und mit gegeneinander mindestens in Querrichtung versetzten Längsachsen verlaufen, sowie auf einen ein oder mehrere solche Flachrohre enthaltenden Wärmeübertrager-Rohrblock.

Erfindungsgemäß ist der Umkehrbogenabschnitt des Flachrohrs dergestalt gebildet, daß in diesem Bereich die Flachrohrquerachse einen Winkel von höchstens 45° mit einer zur Längs- und Querrichtung parallelen, zu einer Stapelrichtung senkrechten Ebene einschließt. Ein erfindungsgemäßer Rohrblock beinhaltet ein oder mehrere, in der Stapelrichtung übereinanderliegende Flachrohre dieser Art.

Verwendung z. B. für einen Verdampfer einer Kraftfahrzeug-Klimaanlage.

BEST AVAILABLE COPY

DE 198 30 863 A 1

## Beschreibung

Die Erfindung bezieht sich auf ein Flachrohr nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1 sowie auf einen Flachrohr-Wärmeübertrager nach dem Oberbegriff des Anspruchs 5.

Ein Flachrohr und ein Wärmeübertrager mit einem aus diesem Flachrohrtyp aufgebauten Rohrblock dieser Art sind in der Offenlegungsschrift EP 0 659 500 A1 beschrieben. Zur Herstellung des dortigen Flachrohres wird ein geradliniger Flachrohr-Rohling zunächst U-förmig aus der Flachrohrerebene herausgebogen, bis die Flachrohrschenkel zueinander parallel verlaufen, wonach letztere um jeweils 90° gegenüber dem U-Bogenbereich tordiert werden. Das dadurch entstehende Flachrohr besitzt somit zwei in einer Ebene liegende, plane Rohrabchnitte, deren Mündungsenden auf der gleichen, dem Umkehrbogenabschnitt entgegengesetzten Seite liegen. Der Winkel, den die Flachrohrquerachse entlang des Umkehrbogenabschnitts mit der Ebene einschließt, in welcher die geradlinigen Rohrschenkel liegen, nimmt zunächst über den einen Torsionsbereich hinweg von null auf den am Kopfende des Umkehrbogenabschnitts vorliegenden Wert von 90° zu, um dann über den anderen Torsionsbereich hinweg wieder auf 0° abzunehmen. Mithin entspricht die Ausdehnung des Flachrohres senkrecht zur Ebene der planen Rohrschenkel im Kopfbereich des Umkehrbogenabschnitts der Flachrohrbreite. Im dortigen Wärmeübertrager-Rohrblock sind mehrere solcher Flachrohre in der Richtung senkrecht zur Ebene der geradlinigen Flachrohrschenkel übereinandergestapelt, wobei wegen der in dieser Richtung der Breite der Flachrohre entsprechenden Ausdehnung der Umkehrbogenabschnitte der Stapelabstand zwischen den geradlinigen Rohrschenkeln benachbarter Flachrohre größer als die Flachrohrbreite gehalten werden muß. Die in Einkammerbauweise ausgeführten Flachrohre des Rohrblocks münden in einen an einer Seite des Rohrblocks angeordneten Sammler, der durch eine Längstrennwand in zwei Sammelräume unterteilt ist, in welche die Flachrohre jeweils mit ihrem einen bzw. mit ihrem anderen Ende münden.

In der Offenlegungsschrift DE 39 36 109 A1 ist ein Wärmeübertrager mit einem Rohrblock offenbart, der aus einem Stapel von Rundrohren gebildet ist, die unter Verwendung eines einzelnen Umkehrbogenabschnitts U-förmig oder unter Verwendung mehrerer aufeinanderfolgender Umkehrbogenabschnitte als Rohrschlange ausgebildet sind, wobei die Rohrabchnitte zwischen den Umkehrbogenabschnitten geradlinig verlaufen und abgeplattet sind. Die abgeplatteten Rohrabchnitte des Rundrohres liegen querversetzt in einer Ebene, während der bzw. die Umkehrbogenabschnitte sowie die beiden, auf derselben Seite mündenden Rohrbereiche den kreisrunden Rohrquerschnitt beibehalten. Das Abplatten der geradlinigen Rohrabchnitte erfolgt mittels Flachpressen. Die Rohre münden mit ihren runden Endbereichen in einen Sammel- bzw. Verteilerraum, die von je einem Sammel- und Verteilerrohr oder von einem längsgeteilten, Sammel- und Verteilerkasten gebildet sind. Der Abstand der abgeplatteten Rohrabchnitte benachbarter Rohre im Rohrblockstapel muß zwangsläufig größer als der Durchmesser der verwendeten Rundrohre sein.

In der Patentschrift US 3.416.600 ist ein Wärmeübertrager in Serpentinbauweise offenbart, der einen Rohrrippenblock mit mehreren serpentinförmigen gewundenen Flachrohren beinhaltet, die im Block in der Serpentinwindungsrichtung übereinandergestapelt sind. Der Rohr-/Rippenblock besitzt in der Ebene senkrecht zur Rohrstapelrichtung eine U-Form, wobei jedes Serpentinflachrohr mit je einem Ende an den beiden freien U-Enden in ein jeweiliges, parallel zur Stapelrichtung verlaufendes Sammelrohr einmündet. Dabei sind die beiden Enden jedes Flachrohres um

90° tordiert, und die beiden Sammelrohre weisen korrespondierende, voneinander beabstandete Durchsteckschlitze auf, in denen die tordierten Rohrenden fluiddicht aufgenommen sind. Zusätzlich ist jedes Serpentinflachrohr in einem seitlichen Blockbereich in der Nähe einer Serpentinwindung um 180° tordiert, so daß jeder Strömungskanal der verwendeten Mehrkammer-Flachrohre zu einem Teil einer Blockvorderseite und zum anderen Teil der gegenüberliegenden Blockrückseite zugewandt ist.

In der Offenlegungsschrift FR 2 712 966 A1 ist ein Wärmeübertrager mit einem Rohr-/Rippenblock offenbart, der einen Stapel geradliniger Mehrkammer-Flachrohre beinhaltet, die an ihren beiden gegenüberliegenden Enden um einen Winkel von höchstens 45° tordiert sind und in zugeordnete Sammelrohre münden, die an ihrem Umfang mit korrespondierenden, in Sammelrohr längsrichtung beabstandet aufeinanderfolgenden Schrägschlitzen versehen sind.

Der Erfindung liegt als technisches Problem die Bereitstellung eines Flachrohres der eingangs genannten Art, das sich relativ einfach herstellen läßt und sich zum Aufbau sehr druckstabiler Wärmeübertrager mit geringem innerem Volumen und hohem Wärmeübertragungswirkungsgrad eignet, sowie eines aus solchen Flachrohren aufgebauten Wärmeübertragers zugrunde.

Die Erfindung löst dieses Problem durch die Bereitstellung eines Flachrohres mit den Merkmalen des Anspruchs 1 sowie eines Wärmeübertragers mit den Merkmalen des Anspruchs 5.

Beim Flachrohr nach Anspruch 1 ist der Umkehrbogenabschnitt so gebildet, daß in diesem Bereich die Querachse des Flachrohres höchstens einen Winkel von 45° mit den Ebenen einschließt, die zu einer Längs- und einer Querrichtung parallel sowie zu einer Stapelrichtung senkrecht sind. Die Längsrichtung ist dabei durch den Verlauf der Längsachsen der planen Rohrabchnitte definiert, während die Stapelrichtung diejenige Richtung angibt, in welcher mehrere Flachrohre bei der Bildung eines Wärmeübertrager-Rohrblocks aufeinanderfolgend angeordnet werden. Die Querrichtung stellt die zu dieser Längsrichtung und zur so definierten Stapelrichtung senkrechte Richtung dar. Im allgemeinen ist die so definierte Querrichtung parallel zur Querachsenrichtung der planen Rohrabchnitte, dies ist jedoch nicht zwingend, da alternativ die planen Rohrabchnitte gegenüber dieser Querrichtung bei Bedarf auch geneigt sein können.

Durch diese erfindungsgemäße Gestaltung des Umkehrbogenabschnitts wird erreicht, daß dessen Ausdehnung in der Stapelrichtung deutlich kleiner als die Flachrohrbreite gehalten werden kann. Dementsprechend brauchen die Zwischenräume zwischen benachbarten Flachrohren beim stapelförmigen Aufbau eines Rohrblocks aus diesen Flachrohren nicht so groß oder größer als die Flachrohrbreite gehalten werden, sondern können deutlich enger sein, was die Herstellung eines kompakten und druckstabilen Wärmeübertragers begünstigt. Zudem läßt sich der Umkehrbogenabschnitt durch relativ einfache Rohrbiegevorgänge realisieren. Das Flachrohr kann dabei einmal oder mehrmals in dieser Weise umgebogen sein, wobei sich seine Tiefenausdehnung, d. h. seine Ausdehnung in der wie oben definierten Querrichtung, mit jeder Umbiegung vergrößert. Dadurch läßt sich mit verhältnismäßig schmalen, druckstabilen Flachrohren ein beliebig tiefer, d. h. sich in der Querrichtung ausdehnender Rohrblock bilden, wobei diese Quer- oder Tiefenrichtung üblicherweise diejenige Richtung darstellt, in welcher ein zu kühlendes oder erwärmendes Medium außen an den Flachrohrflächen vorbei durch den Wärmeübertrager hindurchgeleitet wird. Dabei sind meist zusätzliche Wärmeleitrippen zwischen den in Stapelrichtung

aufeinanderfolgenden Rohrblockabschnitten zur Verbesserung der Wärmeübertragung vorgesehen. Da wie gesagt die Rohrzwichenräume sehr eng gehalten werden können, lassen sich auch entsprechend niedrige wärmeleitende Wellrippen einsetzen, was gleichfalls die Kompaktheit und Stabilität eines so gebildeten Rohr-Rippenblocks verbessert.

Ein nach Anspruch 2 weitergebildetes Flachrohr ist derart umgebogen, daß die über einen jeweiligen Umkehrbogenabschnitt verbundenen, planen Rohrabschnitte in derselben oder verschiedenen, zueinander parallelen oder gegeneinander um einen vorgebbaren Kippwinkel geneigten Längsebenen liegen, und zwar in jedem Fall vorzugsweise mit einem gegenseitigen Abstand in Querrichtung zwischen 0,2 mm und 20 mm. Bei Verwenden von einmalig dergestalt umgebogenen Flachrohren läßt sich somit ein Rohrblock mit einer Tiefe bilden, die der doppelten Flachrohrbreite zuzüglich des besagten Abstandes zwischen den planen Rohrabschnitten entspricht. Mit mehrmals so umgebogenen Flachrohren erhöht sich die Rohrblocktiefe pro Umkehrbogenabschnitt um die Flachrohrbreite zuzüglich des besagten Querabstands der planen Rohrabschnitte. Durch die Belastung des Querabstands bilden sich entsprechende Spalte in einem mit solchen Flachrohren aufgebauten Rohrblock, was z. B. im Anwendungsfall eines Verdampfers einer Kraftfahrzeug-Klimaanlage die Kondenswasserabscheidung erleichtert. Gegebenenfalls vorgesehene Wärmeleitrippen können sich bei Bedarf durchgängig über die ganze Rohrblocktiefe hinweg und auch etwas darüber hinaus erstrecken.

Ein nach Anspruch 3 weitergebildetes Flachrohr bildet ein Serpentinflachrohr, indem mindestens der eine der beiden über einen Umkehrbogenabschnitt verbundenen Flachrohrteile in der Stapelrichtung zu einer Rohrserpentine gebogen ist, d. h. er besteht aus in Stapelrichtung aufeinanderfolgenden Serpentinwindungen. Mit so gestalteten Flachrohren läßt sich ein sogenannter Serpentin-Wärmeübertrager mit einer beliebigen Anzahl an in Tiefenrichtung aufeinanderfolgenden Serpentinblockteilen aufbauen.

Bei einem nach Anspruch 4 weitergebildeten Flachrohr liegen die Mündungsenden auf der gleichen oder auf gegenüberliegenden Seiten, wobei wenigstens ein Ende, vorzugsweise beide Enden gegenüber dem anschließenden Mittenbereich tordiert sind. Durch diese Tordierung wird die Flachrohrquerachse in Richtung Mündungsende zur Stapelrichtung hin gedreht, so daß die Ausdehnung der Flachrohrenden in der Querrichtung kleiner als die Flachrohrbreite gehalten werden kann. Maximal erfolgt die Tordierung um 90°, so daß dann bei senkrecht zur Stapelrichtung verlaufenden planen Rohrabschnitten die Rohrenden parallel zur Stapelrichtung liegen und ihre Ausdehnung in der Querrichtung nur noch so groß wie die Flachrohrdicke ist. Dies ermöglicht eine in Tiefenrichtung eines damit aufgebauten Rohrblocks vergleichsweise enge Anordnung zugehöriger, sich an der betreffenden Rohrblockseite in Stapelrichtung erstreckender Sammel- und Verteilerkanäle.

Der Wärmeübertrager gemäß Anspruch 5 ist durch die Verwendung eines oder mehrerer der erfindungsgemäßen Flachrohre im Aufbau eines entsprechenden Rohrblocks charakterisiert, mit den oben erwähnten Eigenschaften und Vorteilen eines solchen Rohrblockaufbaus. Insbesondere läßt sich in dieser Weise ein kompakter, hoch druckstabiler Verdampfer mit relativ niedrigem Gewicht, geringem innerem Volumen und guter Kondenswasserabscheidung für eine Klimaanlage eines Kraftfahrzeuges realisieren, wobei vorzugsweise Mehrkammer-Flachrohre eingesetzt werden. Der Wärmeübertrager ist sowohl in einlagiger Bauweise, bei denen die Flachrohrabschnitte zwischen zwei Umkehrbogenabschnitten bzw. zwischen einem Umkehrbogenab-

schnitt und einem Flachrohrende aus einem planen, geradlinigen Rohrabschnitt bestehen, als auch in Serpentinbauweise ausführbar, bei welcher diese Flachrohrabschnitte zu einer Rohrschlange gebogen sind.

Bei einem nach Anspruch 6 weitergebildeten Wärmeübertrager befinden sich die Rohrenden der verwendeten Flachrohre und damit auch die zugehörigen Sammel- und Verteilerkanäle, nachfolgend der Einfachheit halber einheitlich als Sammelkanäle bezeichnet, auf gegenüberliegenden Rohrblockseiten. Die Sammelkanäle können dann von je einem Sammelkasten oder Sammelrohr gebildet sein, die an der betreffenden Rohrblockseite entlang der Stapelrichtung, auch als Blockhochrichtung bezeichnet verlaufen und der parallelen Zuführung bzw. Abführung des durch das Rohrinere geleiteten Temperiermediums zu den bzw. aus den einzelnen Flachrohren dienen.

In einer dazu alternativen Weiterbildung der Erfindung münden gemäß Anspruch 7 die Flachrohrenden sämtlich auf derselben Rohrblockseite. Bedingt durch die Gestaltung der Flachrohre sind dabei die beiden Rohrenden eines jeden Flachrohres zueinander in der Blocktiefenrichtung versetzt, so daß ihnen zwei entsprechend in Blocktiefenrichtung nebeneinanderliegende Sammelkanäle zugeordnet werden können. Dementsprechend erfolgen Zu- und Abführung des durch das Rohrinere geleitete Temperiermediums an derselben Wärmeübertragerseite.

In weiterer Ausgestaltung dieses Wärmeübertragertyps mit zwei nebeneinanderliegenden Sammelkanälen auf derselben Rohrblockseite ist gemäß Anspruch 8 vorgesehen, diese Sammelkanäle durch zwei getrennte Sammelrohre bzw. Sammelkästen, nachfolgend der Einfachheit halber einheitlich als Sammelrohre bezeichnet, oder durch ein gemeinsames Sammelrohr zu bilden. Letzteres läßt sich dadurch realisieren, daß ein zunächst einheitlicher Sammelrohrinnenraum mit einer Längstrennwand in die beiden Sammelkanäle abgeteilt wird, oder dadurch, daß das Sammelrohr als extrudiertes Rohrprofil mit zwei getrennten, die Sammelkanäle bildenden Hohlkammern gefertigt wird.

Bei einem nach Anspruch 9 weitergebildeten Wärmeübertrager ist wenigstens eines der beiden Sammelrohre bzw. wenigstens eine der beiden Hohlkammern eines längsgeteilten Sammelrohres durch Quertrennwände in mehrere, in Blockhochrichtung voneinander getrennte Sammelkanäle unterteilt. Dadurch wird eine gruppenweise serielle Durchströmung der Flachrohre im Rohrblock erzielt, indem das dem Rohrblock über einen ersten Sammelkanal des quergeteilten Sammelrohres bzw. der quergeteilten Hohlkammer zugeführte Temperiermedium zunächst nur in den dort mündenden Teil aller Flachrohre eingespeist wird. Der Sammelkanal, in den dieser Teil der Flachrohre mit dem anderen Rohrende mündet, fungiert dann als Umlenkanal, in welchem das Temperiermedium von den dort mündenden Flachrohren in einen weiteren, ebenfalls dort mit einem Ende mündenden Teil aller Flachrohre umgelenkt wird. Anzahl und Lage der Quertrennwände bestimmen die Einteilung der Flachrohre in nacheinander durchströmte Gruppen von parallel durchströmten Flachrohren.

Vorteilhafte Ausführungsformen der Erfindung sind in den Zeichnungen dargestellt und werden nachfolgend beschrieben. Hierbei zeigen:

Fig. 1 eine Draufsicht auf ein Flachrohr mit einem Umkehrbogenabschnitt und tordierten Rohrenden,

Fig. 2 eine Seitenansicht längs des Pfeils II von Fig. 1,

Fig. 3 eine ausschnittsweise Seitenansicht eines aus Flachrohren gemäß den Fig. 1 und 2 aufgebauten Rohr-/Rippenblocks eines Verdampfers, Fig. 4 eine Seitenansicht längs des Pfeils IV von Fig. 3,

Fig. 5 eine ausschnittsweise Seitenansicht eines Rohr-

BEST AVAILABLE COPY

/Rippenblocks eines Verdampfers mit serpentinenförmigen Flachrohren.

Fig. 6 eine Seitenansicht längs des Pfeils VI von Fig. 5,

Fig. 7 eine schematische Darstellung eines Flachrohres mit zwei Umkehrbogenabschnitten und

Fig. 8 eine Querschnittsansicht durch ein z. B. für den Verdampfer von Fig. 5 verwendbares Zweikammer-Sammelrohr.

Das in Fig. 1 in einer Draufsicht gezeigte Flachrohr 1 ist einstückig aus einem geradlinigen Mehrkammerprofil unter Verwendung geeigneter Biegevorgänge gefertigt. Es beinhaltet zwei plane, geradlinige Rohrabschnitte 2a, 2b, die über einen Umkehrbogenabschnitt 3 miteinander verbunden sind und entgegengesetzte Durchströmungsrichtungen für ein durch die mehreren parallelen Kammern im Inneren des Flachrohres 1 hindurchgeleitetes Temperiermedium, z. B. ein Kältemittel einer Kraftfahrzeug-Klimaanlage, aufweisen. Einer der beiden möglichen Strömungsverläufe ist in Fig. 1 durch entsprechende Strömungspfeile 4a, 4b dargestellt. Die parallel zu den Durchströmungsrichtungen 4a, 4b verlaufenden Längsachsen 5a, 5b der beiden planen, geradlinigen Rohrabschnitte 2a, 2b definieren eine Längsrichtung x und sind in einer dazu senkrechten Querrichtung y gegeneinander versetzt. Wie insbesondere aus der Seitenansicht von Fig. 2 ersichtlich, liegen beide planen Rohrabschnitte 2a, 2b in einer gemeinsamen xy-Ebene, die senkrecht zu einer Stapelrichtung z ist, in welcher mehrere solche Flachrohre zur Bildung eines Wärmeübertrager-Rohrblocks aufeinandergestapelt werden, wie unten anhand der Fig. 3 und 4 näher erläutert. Zur besseren Orientierung sind in den Fig. 1 bis 6 jeweils die entsprechenden Koordinatenachsen x, y, z eingezeichnet.

Der Umkehrbogenabschnitt 3 wird dadurch erhalten, daß das anfängliche, geradlinige Flachrohrprofil einer gewünschten Breite b auf seiner halben Länge gehalten und beide Rohrhälften jeweils in einem 90° Winkel umgeschlagen werden, so daß sie parallel zueinander senkrecht zu ihrer ursprünglichen Längsrichtung verlaufen und auf diese Weise die beiden geradlinigen Rohrabschnitte 2a, 2b des fertigen Flachrohres 1 bilden. Der Biegevorgang erfolgt dergestalt, daß sich die beiden geradlinigen, in einer Ebene liegenden Rohrabschnitte 2a, 2b mit einem je nach Anwendungsfall wählbaren Abstand a gegenüberliegen, der vorzugsweise zwischen etwa 0,2 mm und 20 mm beträgt, während die Flachrohrbreite b typischerweise zwischen einem und einigen wenigen Zentimetern beträgt.

Während die geradlinigen Rohrabschnitte 2a, 2b auf der einen Seite über den Umkehrbogenabschnitt 3 miteinander verbunden sind, münden sie beide auf der gegenüberliegenden Seite in Form von tordierten Rohrenden 6a, 6b aus. Die Tordierung erfolgt um die jeweilige Längsmittelachse 5a, 5b, alternativ auch um eine dazu parallele Längsachse, d. h. mit einem Querversatz bezüglich der Längsmittelachse, um einen beliebigen Winkel zwischen 0° und 90°, wobei im gezeigten Fall der Torsionswinkel ca. 60° beträgt, wie besonders deutlich aus Fig. 4 ersichtlich.

Aus Fig. 2 wird deutlich, daß aufgrund der geschilderten Bildung des Umkehrbogenabschnitts 3 die Flachrohrquerachse in diesem Bereich im wesentlichen parallel zur Ebene der geradlinigen Rohrabschnitte 2a, 2b bleibt, wie explizit anhand der gestrichelten Querachse 7 deutlich wird, welche die Quermittelachse des anfänglichen Flachrohr-Rohlings und damit auch des gefertigten, umgebogenen Flachrohres 1 bildet und sich genau in der Mitte des Umkehrbogenabschnitts 3 befindet. Dies resultiert in einer nur geringen Höhe c, d. h. der Ausdehnung in der Stapelrichtung z, des Umkehrbogenabschnitts 3. Insbesondere bleibt diese Höhe c des Umkehrbogenabschnitts 3 deutlich kleiner als die Flach-

rohrbreite b. Dadurch können mehrere solche Flachrohre in einem Wärmeübertrager-Rohrblock mit einer Stapelhöhe übereinandergeschichtet werden, die deutlich kleiner gehalten werden kann als die Flachrohrbreite, wie die nachfolgend beschriebenen Wärmeübertragerbeispiele zeigen.

Dieser Vorteil wird in geringer werdendem Maße auch noch erreicht, wenn die Flachrohrquerachse über den Bereich des Umkehrbogenabschnitts 3 hinweg einen gewissen, spitzen Winkel mit der von den planen Rohrabschnitten 2a, 2b definierten Ebene einschließt, solange dieser Schrägwinkel einen Wert von ca. 45° nicht überschreitet. Eine weitere Modifikation des Flachrohres der Fig. 1 und 2 kann darin bestehen, daß die beiden planen Rohrabschnitte 2a, 2b nicht wie gezeigt in einer Ebene, sondern in zwei zueinander versetzten xy-Ebenen liegen oder aber der eine gegenüber dem anderen Rohrabschnitt um seine Längsachse um einen vorgebbaren Kippwinkel verdreht ist. In jedem Fall ist die Querrichtung y dadurch definiert, daß sie sowohl zur Längsrichtung x der geradlinigen Rohrabschnitte als auch zur Rohrblock-Stapelrichtung z senkrecht ist.

Die Fig. 3 und 4 zeigen einen Anwendungsfall für den Flachrohrtyp der Fig. 1 und 2 in Form eines Rohr-/Rippenblocks eines Verdampfers, wie er insbesondere in Kraftfahrzeug-Klimaanlagen verwendbar ist. Es versteht sich, daß sich der ausschnittsweise gezeigte Wärmeübertrager je nach Auslegung auch für beliebige andere Wärmeübertragungszwecke einsetzen läßt. Wie aus Fig. 3 ersichtlich, beinhaltet dieser Verdampfer zwischen zwei endseitigen Deckblechen 9, 10 einen Stapel mehrerer Flachrohre 1 gemäß Fig. 1 und 2 mit zwischenliegenden, wärmeleitfähigen Wellrippen 8. Die Höhe der Wärmeleitrippen 8 entspricht ungefähr der Höhe c der Flachrohr-Umkehrbogenabschnitte 3 und ist damit deutlich kleiner als die Flachrohrbreite b.

Wie deutlicher aus Fig. 4 zu erkennen, wird durch die Verwendung des Flachrohres der Fig. 1 und 2 ein Rohr-/Rippenblock mit in der Tiefe, d. h. in y-Richtung, zweiteiliger Struktur gebildet, wobei in jedem der beiden Blockteile jeweils die Rohrabschnitte mit gleicher Durchströmungsrichtung in der Stapelrichtung z übereinanderliegen. Zwischen den beiden Blockteilen ist ein dem Abstand a der beiden geradlinigen Rohrabschnitte 2a, 2b eines jeden Flachrohres 1 entsprechender Spalt gebildet. Die Wellrippen 8 erstrecken sich einteilig über die gesamte Flachrohrtiefe und damit auch über diesen Spalt hinweg, wobei sie zu beiden Seiten, d. h. an der Vorder- und an der Rückseite des Blocks, nach Bedarf überstehen können. Die Blockvorderseite ist hierbei dadurch definiert, daß sie von einem außenseitig über die Verdampferoberflächen hinweggeleiteten, zweiten Temperiermedium, z. B. zu kühlende Zuluft für einen Fahrzeuginnenraum, in der Rohrquerrichtung y, d. h. in Blocktiefenrichtung, angeströmt wird.

Wie aus Fig. 4 weiter ersichtlich, ist die Quererstreckung d der Flachrohrmündungsenden aufgrund ihrer Tordierung geringer als die Flachrohrbreite b. Dies erleichtert den Anschluß zweier zugehöriger, in den Fig. 3 und 4 nicht gezeigter Sammelkanäle. Denn diese können z. B. jeweils von einem Sammelkasten bzw. Sammelrohr gebildet sein, dessen Quererstreckung in y-Richtung nicht größer als die Flachrohrbreite b zu sein braucht und in seinem Durchmesser bei einem Torsionswinkel der Flachrohrenden von ca. 90° sogar nur noch größer als die Flachrohrdicke zu sein braucht. Es ist daher problemlos möglich, zwei Sammelrohre auf der betreffenden Rohrblockseite nebeneinanderliegend in Stapelrichtung z verlaufend anzuordnen, um jeweils eines der beiden Enden jedes Flachrohres 1 aufzunehmen. Alternativ kann ein gemeinsames Sammelrohr für beide Stapelreihen der Rohrenden 6a, 6b vorgesehen sein, das mittels einer Längstrennwand in die zwei benötigten, getrennten

Sammelkanäle unterteilt ist. Die im Beispiel gezeigte Tordierung der Rohrenden um ca. 60° ermöglicht es, daß das relativ enge Aufeinanderfolgen der einlagigen Flachrohre 1 im Stapel mit der besagten, gegenüber der Flachrohrbreite  $b$  geringeren Stapelhöhe  $c$  nicht behindert wird.

Es zeigt sich, daß der Verdampfer mit dem so gebildeten Rohr-/Rippenblock in kompakter Bauform und sehr druckstabil realisierbar ist und dabei einen hohen Wärmeübertragungs-Wirkungsgrad aufweist. Durch das Umbiegen der Flachrohre zu zwei in der Blocktiefe versetzten Rohrabschnitten 2a, 2b kann mit relativ schmalen Flachrohren eine Wärmeübertragungsleistung erzielt werden, für die ansonsten mindestens etwa doppelt so breite, nicht gebogene Flachrohre erforderlich wären. Gleichzeitig wird durch die einmalige Flachrohrumlenkung erreicht, daß das durch das Rohrrinnere hindurchzuführende Temperiermedium auf ein und derselben Rohrblockseite zu- und abgeführt werden kann, was in manchen Anwendungsfällen vorteilhaft ist.

In den Fig. 5 und 6 ist ein Ausführungsbeispiel in Serpentinbauweise gezeigt. Die Ausschnittsansicht von Fig. 5 zeigt dabei eines von mehreren Serpentin-Flachrohren 11, die zur Bildung des dortigen Serpentinrohrblocks in beliebiger, gewünschter Anzahl übereinandergestapelt sind. Das hierfür verwendete Serpentin-Flachrohr 11 ist weitgehend baugleich mit demjenigen der Fig. 1 und 2, mit der Ausnahme, daß sich beidseits des zu demjenigen der Fig. 1 und 2 gleichartigen Umkehrbogenabschnitts 3' jeweils nicht nur ein geradliniger, einlagiger Rohrabschnitt, sondern ein mehrfach serpentinenförmig gewundener Rohrschlangenabschnitt 12a, 12b anschließt, die sich somit wiederum in Blocktiefenrichtung um einen entsprechenden Spalt versetzt gegenüberstehen, wie aus Fig. 6 deutlicher zu ersehen. Die Serpentinwindungen 13 des jeweiligen Rohrschlangenabschnitts 12a, 12b sind wie üblich durch Umbiegen des Flachrohrs an der betreffenden Stelle um die dortige Rohrquerachse um einen Winkel von 180° gebildet. Zwischen den einzelnen Rohrschlangenwindungen 13 sowie zwischen aufeinanderfolgenden Serpentin-Flachrohren 11 sind wärmeleitfähige Wellrippen 14 durchgehend von der Blockvorderseite bis zur Blockrückseite mit optionalem Überstand eingebracht. Es versteht sich, daß hier wie auch im Beispiel der Fig. 3 und 4 stattdessen je eine Wellrippenreihe für jeden der beiden in Blocktiefenrichtung versetzten Rohrblockreihen vorgesehen sein kann, wobei in diesem Fall auch der Spalt zwischen den beiden Blockreihen frei bleiben kann. Statt dieser hälftigen Teilung mit zwei gleich breiten Wellrippen können über die Rohrblocktiefe hinweg in jeder Wellrippenschicht selbstverständlich eine beliebige andere Anzahl von Wellrippen und/oder Wellrippen mit unterschiedlicher Breite eingesetzt werden, z. B. eine erste, sich über zwei Drittel der Rohrblocktiefe erstreckende und eine zweite, sich über das restliche Drittel der Rohrblocktiefe erstreckende Wellrippe. In jedem Fall begünstigt der Spalt die Kondenswasserabscheidung des Verdampfers.

Wie aus den Fig. 5 und 6 zu erkennen, entspricht auch in diesem Beispiel die Höhe der Wärmeleitrippen 14 und damit, der Stapelabstand benachbarter, geradliniger Flachrohrabschnitte sowohl innerhalb eines Serpentin-Flachrohres 11 als auch zwischen zwei benachbarten Serpentin-Flachrohren in etwa der gegenüber der Flachrohrbreite  $b$  deutlich geringeren Höhe  $c$  des Umkehrbogenabschnitts 3'. Die in diesem Fall gewählte Tordierung der wiederum auf derselben Blockseite mündenden Flachrohrenden 15a, 15b von 90° kollidiert mit dieser geringen Stapelhöhe nicht, da die Serpentin-Flachrohre aufgrund ihrer Rohrschlangenabschnitte 12a, 12b insgesamt jeweils eine gegenüber der Flachrohrbreite größere Höhe in Stapelrichtung  $z$  aufweisen. Die rechtwinklige Tordierung der Enden 15a, 15b um

90° ermöglicht, wie erwähnt, die Verwendung besonders schmaler Sammelkanäle bzw. diese bildende Sammelrohre. In Fig. 5 ist ein solches vorderseitiges Sammelrohr 16 dargestellt, in das die vordere Reihe der Flachrohrenden einmündet, während dieses sowie das parallel danebenliegende Sammelrohr für die hintere Reihe der Flachrohrenden in Fig. 6 der Übersichtlichkeit halber nicht dargestellt sind.

Im Unterschied zum Verdampfer in einlagiger Flachrohrbauweise gemäß den Fig. 3 und 4 befindet sich beim Verdampfer in Serpentinbauweise der Fig. 5 und 6 der Umkehrbogenabschnitt 3' auf derselben Rohrblockseite wie die tordierten Rohrenden 15a, 15b. Durch die zwischenliegenden Serpentinrohrschlangenwindungen 13 behindern sich die in Stapelrichtung aufeinanderfolgenden tordierten Rohrenden 15a, 15b und Umkehrbogenabschnitte 3' nicht.

Zu den beiden gezeigten Flachrohrgestaltungen sind zahlreiche weitere Alternativen möglich. So kann das Flachrohr zwei oder mehr Umkehrbogenabschnitte und dementsprechende Umlenkungen aufweisen. Ein Beispiel mit zwei aufeinanderfolgenden Umkehrbogenabschnitten 17, 18 ist schematisch anhand des zugehörigen Durchströmungspfad in Fig. 7 dargestellt. Vom einen Flachrohrende 19 erstreckt sich ein erster geradliniger Rohrabschnitt 20 zum gegenüberliegenden ersten Umkehrbogenabschnitt 17, wo er in einen zurückkehrenden, zweiten geradlinigen Flachrohrabschnitt 21 übergeht, der am wiederum gegenüberliegenden zweiten Umkehrbogenabschnitt 18 in einen dritten geradlinigen Rohrabschnitt 22 übergeht, der sich zum anderen Flachrohrende 23 erstreckt. Dieses Flachrohr eignet sich somit zum Aufbau eines in der Blocktiefe dreiteiligen Wärmeübertrager-Rohrblocks in einlagiger Bauweise, d. h. die geradlinigen Rohrabschnitte 20, 21, 22 befinden sich im wesentlichen in einer Blockebene. Die beiden Enden 19, 23 jedes Flachrohrs münden dabei an gegenüberliegenden Blockseiten, an denen somit je ein Sammelrohr anzuordnen ist. Pro weiterem, möglichem Umkehrbogenabschnitt kommt ein zusätzlicher geradliniger Flachrohrabschnitt in der Blocktiefenrichtung hinzu, und außerdem wechselt jeweils die Lage des einen zum anderen Flachrohrende und damit die Positionierung der beiden zugehörigen Sammelkanäle zwischen einer gleichseitigen und einer sich gegenüberliegenden Position.

In entsprechender Weise kann auch das Serpentin-Flachrohr 11 von Fig. 5 dahingehend modifiziert werden, daß durch mindestens eine weitere Serpentinwindung im einen und/oder im anderen Serpentinrohrabschnitt das betreffende Flachrohrende auf der dem Umkehrbogenabschnitt gegenüberliegenden Blockseite zu liegen kommt. In einer weiteren Realisierung kann ein Serpentin-Flachrohr der Art von Fig. 5, jedoch mit einem oder mehreren zusätzlichen Umkehrbogenabschnitten vorgesehen sein, um damit analog z. B. von Fig. 7 einen in Blocktiefenrichtung mindestens dreiteiligen Rohrblock für einen Serpentin-Wärmeübertrager aufzubauen. Je nach Anwendungsfall können die Flachrohrenden auch untordiert belassen werden.

In denjenigen Ausführungsbeispielen, in denen die Flachrohrenden auf derselben Blockseite ausmünden, kann statt zweier Sammelrohre oder eines gemeinsamen Sammelrohrs, in das bei der Herstellung eine Längstrennwand separat eingebracht wird, ein Zweikammer-Sammelrohr verwendet werden, welches bereits im Fertigungsstadium zwei getrennte, längsverlaufende Hohlkammern aufweist. Ein solches Sammelrohr 24 ist im Querschnitt in Fig. 8 dargestellt. Es ist aus einem extrudierten Profil gefertigt und beinhaltet integral zwei voneinander getrennte Längskammern 25, 26, welche die Sammelkanäle für den betreffenden Wärmeübertrager bilden. Dazu sind, wie auch in den anderen Sammelrohrausführungen, geeignete umfängsseitige Schlitze in das

BEST AVAILABLE COPY

Sammelrohr 24 einzubringen, in welche die Flachrohrenden dicht eingefügt werden.

Je nach Wärmeübertragertyp können zudem Sammelrohre verwendet werden, die mittels entsprechender Querwände mehrere, in der Blockhochrichtung z voneinander getrennte Sammelkanäle beinhalten. Dadurch werden die Flachrohre im Rohrblock zu mehreren Gruppen derart zusammengefaßt, daß die Rohre einer Gruppe parallel und die verschiedenen Rohrgruppen seriell durchströmt werden. Ein zugeführtes Temperiermedium strömt von einem eintrittsseitigen Sammelkanal in die Gruppe der dort mündenden Flachrohre und gelangt dann an deren anderem Ende in einen als Umlenkraum fungierenden Sammelkanal, in den neben dieser ersten Gruppe eine zweite Flachrohrgruppe einmündet, in die das Temperiermedium dann umgelenkt wird. Dies kann durch entsprechende Positionierung der Querwände in einem oder beiden Sammelrohren in beliebiger Weise bis zu einem austrittsseitigen Sammelkanal fortgesetzt werden, über den das Temperiermedium dann den Rohrblock verläßt.

Die obige Beschreibung verschiedener Ausführungsbeispiele zeigt, daß sich mit den erfindungsgemäßen Flachrohren sehr kompakte, druckstabile Flachrohrblöcke in einlagiger Bauweise oder Serpentinauflage mit hohem Wärmeübertragungsvermögen herstellen lassen. Damit hergestellte Wärmeübertrager eignen sich z. B. auch für mit vergleichsweise hohem Druck arbeitende CO<sub>2</sub>-Klimaanlagen, wie sie zunehmend für Kraftfahrzeuge in Betracht gezogen werden.

#### Patentansprüche

1. Flachrohr für einen Wärmeübertrager-Rohrblock, insbesondere für einen Rohrblock eines Verdampfers einer Kraftfahrzeug-Klimaanlage, mit wenigstens einem Umkehrbogenabschnitt (3), in welchem es derart umgebogen ist, daß seine beiden daran anschließenden, planen Rohrabschnitte (2a, 2b) in Längsrichtung mit entgegengesetzten Durchströmungsrichtungen (4a, 4b) und mit gegeneinander mindestens in Querrichtung (y) versetzten Längsachsen (5a, 5b) verlaufen, dadurch gekennzeichnet, daß der Umkehrbogenabschnitt (3) dergestalt gebildet ist, daß in diesem Bereich die Flachrohrquerschnittsachse (7) einen Winkel von höchstens 45° mit einer zur Längsrichtung (x) und Querrichtung (y) parallelen, zu einer Stapelrichtung (z) senkrechten Ebene einschließt.
2. Flachrohr nach Anspruch 1, weiter dadurch gekennzeichnet, daß die beiden, an den Umkehrbogenabschnitt (3) anschließenden, planen Rohrabschnitte (2a, 2b) in einer gemeinsamen oder in zueinander parallelen Ebenen senkrecht zur Stapelrichtung (z) liegend oder gegeneinander um einen vorgebbaren Kippwinkel um eine Längsachse verdreht angeordnet sind, bevorzugt mit einem Abstand in Querrichtung (y) zwischen 0,2 mm und 20 mm.
3. Flachrohr nach Anspruch 1 oder 2, weiter dadurch gekennzeichnet, daß mindestens einer seiner beiden, über den Umkehrbogenabschnitt (3) miteinander verbundenen Teile eine in Stapelrichtung (z) gewundene Rohrserpentine (12a, 12b) bildet.
4. Flachrohr nach einem der Ansprüche 1 bis 3, weiter dadurch gekennzeichnet, daß seine beiden Enden auf derselben oder auf gegenüberliegenden Seiten liegen und wenigstens eines der beiden Rohrenden um einen Winkel zwischen 0° und 90° tordiert ist.

5. Flachrohr-Wärmeübertrager, insbesondere Verdampfer für eine Kraftfahrzeug-Klimaanlage, mit

- einem Rohrblock mit einem oder mehreren in einer Stapelrichtung (z) übereinandergestapelten Flachrohren und
- seitlich am Rohrblock entlang der Stapelrichtung (z) verlaufend angeordneten Sammelkanälen, in welche die Flachrohre mit je einem Ende münden, dadurch gekennzeichnet, daß
- der Rohrblock ein oder mehrere Flachrohre (1, 11) nach einem der Ansprüche 1 bis 4 beinhaltet.

6. Flachrohr-Wärmeübertrager nach Anspruch 5, weiter dadurch gekennzeichnet, daß die Enden (19, 23) eines jeden Flachrohrs und die zugehörigen Sammelkanäle auf gegenüberliegenden Rohrblockseiten liegen.

7. Flachrohr-Wärmeübertrager nach Anspruch 5, weiter dadurch gekennzeichnet, daß die Enden (6a, 6b; 15a, 15b) eines jeden Flachrohrs und die zugehörigen Sammelkanäle in Rohrblocktiefenrichtung (y) versetzt auf derselben Rohrblockseite liegen.

8. Flachrohr-Wärmeübertrager nach Anspruch 7, weiter dadurch gekennzeichnet, daß die Sammelkanäle von zwei separaten Sammelrohren oder einem gemeinsamen, mit einer Längstrennwand versehenen Sammelrohr oder von einem gemeinsamen, aus einem extrudierten Rohrprofil mit zwei getrennten Hohlkammern (25, 26) gefertigten Sammelrohr (24) gebildet sind.

9. Flachrohr-Wärmeübertrager nach einem der Ansprüche 5 bis 8, weiter dadurch gekennzeichnet, daß wenigstens ein Sammelrohr durch Quertrennwände in mehrere, in Blockhochrichtung (z) getrennte Sammelkanäle unterteilt ist.

10. Flachrohr-Wärmeübertrager nach einem der Ansprüche 5 bis 9, weiter gekennzeichnet durch zwischen geradlinigen, in Stapelrichtung (z) benachbarten Abschnitten der Flachrohre (1, 11) eingefügte Wellrippen (8, 14), wobei in der jeweiligen Wellrippenschicht eine sich über die gesamte Rohrblocktiefe erstreckende Wellrippe oder mehrere, in Rohrblocktiefenrichtung (y) nebeneinanderliegende Wellrippen gleicher oder unterschiedlicher Breite vorgesehen sind.

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

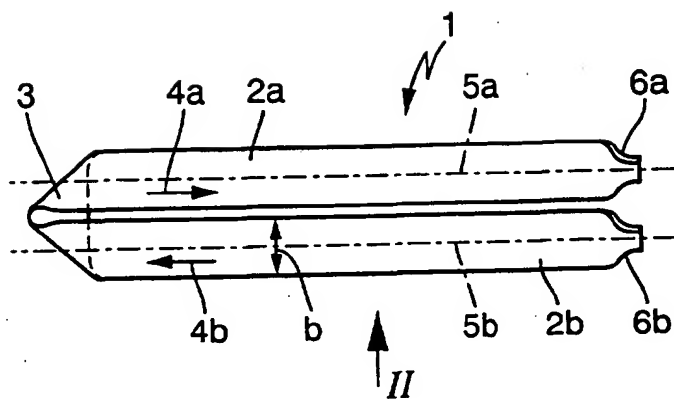


Fig. 1

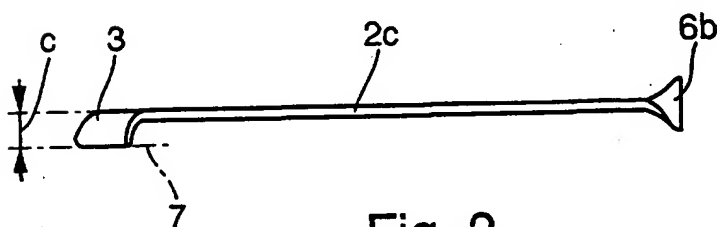


Fig. 2

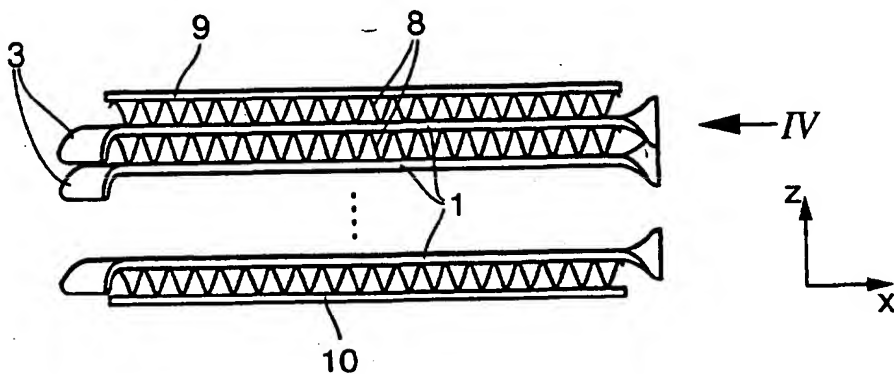


Fig. 3

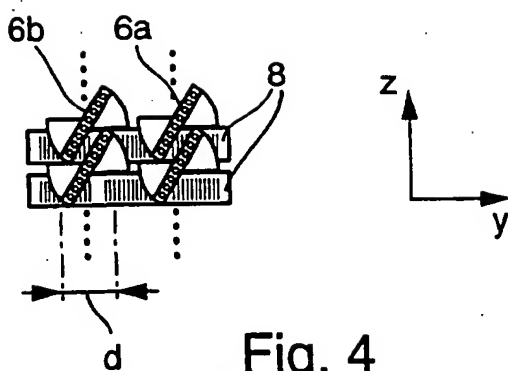


Fig. 4

BEST AVAILABLE COPY



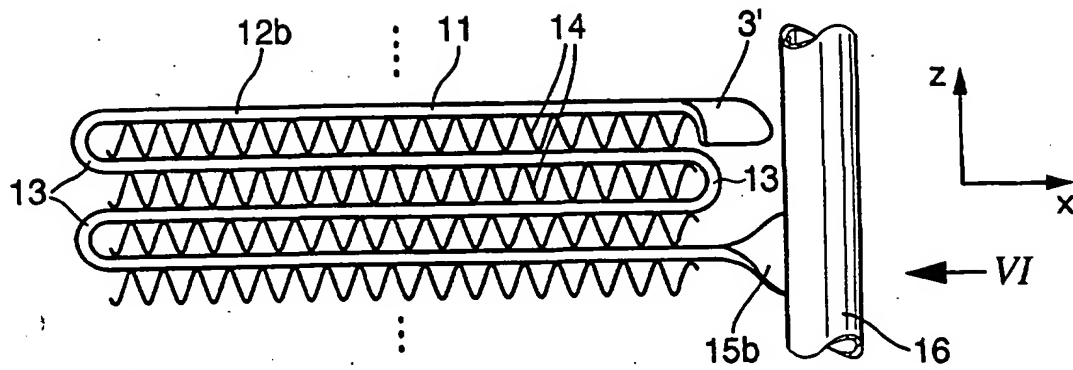


Fig. 5

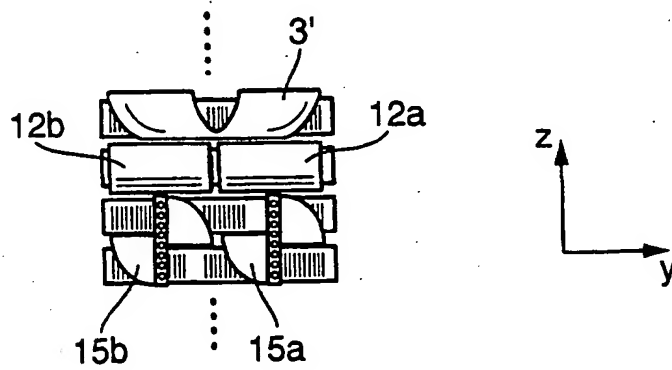


Fig. 6

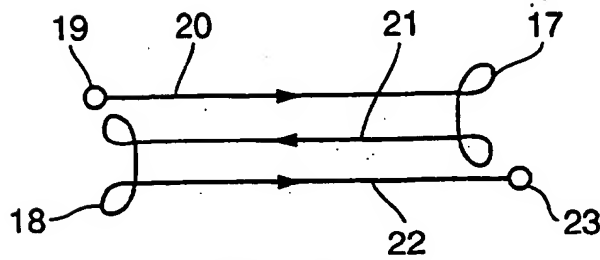


Fig. 7

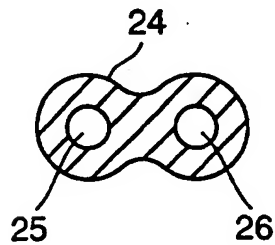


Fig. 8